

STUDI LITERATUR SISTEM MONITORING DAYA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA

Wilisela Gerinda Mukti

S1-Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

e-mail: wilisela.mukti16050874001@mhs.unesa.ac.id

Subuh Isnur Haryudo, Aditya Chandra Hermawan, Mahendra Widyartono

S1-Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

e-mail: subuhisnur@unesa.ac.id, adityahermawan@unesa.ac.id, mahendrawidyartono@unesa.ac.id

Abstrak

Pembangkit energi listrik terbarukan cukup efektif dalam menambah persediaan energi listrik, bahkan jika dalam jumlah yang besar dapat mengganti sistem pembangkit energi listrik konvensional menjadi energi listrik terbarukan yang ramah terhadap lingkungan. Pembangkit listrik tenaga surya mulai dikembangkan oleh produsen listrik dari pembangkit listrik secara mikro sampai dengan sistem tenaga listrik interkoneksi yang besar dan luas. Pada sistem pembangkit listrik terbarukan diperlukan monitoring daya output secara terus menerus dan secara real-time agar dapat mengetahui kondisi sistem pembangkit listrik tenaga surya secara langsung dan dapat memperoleh informasi apakah kinerja dari panel surya sesuai dengan yang diharapkan. Tujuan dari studi literatur ini adalah untuk mempelajari dan menguraikan prinsip kerja dari sistem pemantauan daya pada pembangkit listrik tenaga surya. Jenis kerangka kerja pada sistem monitoring tenaga surya mencakup berbagai macam tipe mikrokontroler, sensor radiasi matahari, sensor tegangan, sensor arus serta sistem interface menggunakan webserver, lcd atau sejenisnya yang berfungsi untuk menampilkan data secara real time kapan dan dimanapun. Studi literatur ini diperoleh dari penelitian-penelitian ilmiah dari rentan tahun 2010-2020 dengan memanfaatkan pencarian jurnal online seperti Google Scholar, IEEE explore dan open access library (OAL).

Kata kunci: Monitoring daya, Photovoltaik, Sensor radiasi, Sensor tegangan

Abstract

Renewable power plant is quite effective in increasing the supply of electricity, even if in large quantities it can replace conventional electricity generation systems into environmentally friendly renewable electricity. Solar power plants have begun to be developed by electricity producers from micro power plants to large and extensive interconnection power systems. In the renewable power generation system, it is necessary to monitor the output power continuously and in real time in order to know the condition of the solar power generation system directly and to obtain information on whether the performance of the solar panels is as expected. The purpose of this literature study is to outline the framework of a power monitoring system in a solar power plant. Types of frameworks in solar monitoring systems include various types of microcontrollers, temperature sensors, voltage sensors, current sensors, light sensors and *Interface systems* using a webserver, LCD or the like that function to display data in real time anytime and anywhere. This literature study was obtained from scientific studies from vulnerable in 2010-2020 by utilizing online journal search such as Google Scholar, IEEE explore and open access library (OAL).

Keywords: Power monitoring, Photovoltaic, Irradiance sensor, Voltage sensor.

PENDAHULUAN

Perkembangan energi listrik di Indonesia semakin meningkat seiring dengan bertambahnya kebutuhan terhadap energi listrik serta perubahan gaya hidup masyarakat Indonesia terhadap energi listrik. Menurut data yang dirilis oleh Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) dengan surat nomor 143K/20/MEM/2019 tentang rencana umum ketenagalistrikan nasional tahun 2019 sampai dengan tahun 2038. Dalam keputusan tersebut, Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) memproyeksikan rata-rata kebutuhan energi listrik nasional mengalami pertumbuhan sekitar 6,9 persen per tahun. Hal ini merupakan sebuah kemakmuran bagi rakyat dan juga dapat menimbulkan efek yang tidak baik jika adanya pemborosan energy.

Pembangkit listrik di Indonesia secara umum menggunakan pembangkit listrik konvensional. Hal tersebut dijelaskan dalam Laporan energi bersih Indonesia yang dikeluarkan oleh Institute for Essential Services Reform (IESR). Dalam sepuluh tahun terakhir pembangkit listrik berbahan bakar fosil mendominasi penyediaan tenaga listrik di Indonesia. Pembangkit listrik konvensional menyuplai 88% dari total penyediaan pasokan listrik. Batu bara merupakan sumber bahan bakar fosil yang paling banyak yaitu mencapai 60% dan diikuti oleh sumber bahan bakar lainnya seperti minyak dan gas bumi. (Cristian dan Deon, 2018:20).

Meningkatnya kebutuhan energi listrik di dunia yang bersumber dari pembangkit listrik konvensional menyebabkan berbagai kerugian seperti polusi udara yang dapat mencemari lingkungan. Selain itu, pembangkit listrik konvensional memiliki jumlah yang terbatas dan akan habis. Photovoltaik saat ini telah menarik perhatian dunia sebagai pengganti dari pembangkit listrik bertenaga fosil. Banyak dari kalangan akademisi atau peneliti diseluruh dunia yang mengembangkan photovoltaik. Pertumbuhan photovoltaik di seluruh dunia semakin meningkat pesat dan menunjukkan

pertumbuhan industri sebesar 45% per tahun diseluruh dunia (Mahendran dkk, 2015: 79).

Pemanfaatan energi surya sebagai sumber alternatif untuk memenuhi kebutuhan akan energi listrik di mana pun tempatnya. Kondisi wilayah dan iklim di Indonesia sangatlah tepat mengingat bahwa Indonesia merupakan salah satu Negara tropis yang hampir setiap tahun mendapatkan sinar matahari Pada penelitian Irawan Rahardjo menjelaskan bahwa Intensitas radiasi matahari rata-rata di seluruh wilayah Indonesia sekitar 4,8 kWh/m² yang berpotensi untuk membangkitkan energi listrik dan dapat digunakan sebagai sumber energi alternative. Maka dari itu Pembangkit Listrik Tenaga Surya sangat direkomendasikan sebagai pembantu dalam memproduksi listrik untuk memenuhi kebutuhan konsumen di Indonesia (Fitriana dan Irawan, 2019: 43).

Performansi panel surya dapat di monitoring secara langsung parameternya seperti arus, tegangan, suhu dan intensitas cahaya. Dengan memantau parameter dari panel surya mendapat informasi apakah sudah sesuai pemasangan dari panel surya dan menghasilkan daya output sesuai yang diharapkan. Pada penelitian (Antonov dan Dewi, 2013:20) melakukan pengambilan data secara langsung panel surya. Tetapi, pada penelitian tersebut terdapat kekurangan yakni pengambilan data tegangan dan arus masih melakukan pengukuran manual menggunakan multimeter.

Dengan berkembangnya teknologi *Internet of things* pengambilan data dari panel surya dapat dilakukan secara real time dan terus menerus dengan menggunakan berbagai macam sensor, mikrokontroler dan cloud. Seperti pada penelitian (Rivai dan Nasrudin, 2013: 174) melakukan pemantauan daya dengan menggunakan berbagai sensor, NodeMCU dan *thingspeak* sebagai *cloud* dan *Interface system*.

Dengan berbagai latar belakang diatas, studi literatur ini membahas tentang macam-macam sistem monitoring pada pembangkit

listrik tenaga surya yang dibedakan melalui kerangka kerjanya. Studi literatur ini mengumpulkan data dari jurnal, artikel dan e-book yang didapatkan dari situs jurnal online seperti Google Scholar, IEEE explore, open access library (OAL) dan research. Beberapa literatur yang didapatkan kemudian dilakukan proses identifikasi, proses penyaringan dan kelayakan.

METODE

Metode penelitian menggunakan penelitian studi literatur dengan menelaah beberapa macam jurnal, buku atau artikel ilmiah dari rentan tahun 2010 sampai 2020 yang berkaitan dengan sistem pemantauan daya pada pembangkit listrik tenaga surya berbasis *Internet of Things*. Studi literatur ini dilakukan proses *identifikasi*, *screening* dan *eligibility* dari berbagai penelitian sebelumnya yang didapatkan dari situs jurnal online seperti jurnal online seperti Google Scholar, IEEE explore dan open access library (OAL). Hasil dari berbagai telaah literatur ini kemudian akan digunakan untuk mengetahui perbedaan dari berbagai macam sistem monitoring dari hasil penelitian sebelumnya.

PEMBAHASAN

Pada penelitian sebelumnya, kegiatan monitoring daya dari pembangkit listrik tenaga surya dilakukan dengan cara manual yaitu dengan melakukan pengukuran menggunakan multimeter, ohm meter, volt meter, ampere meter, lux meter dan alat pengukur lainnya. Pengukuran daya dengan cara manual seperti yang dilakukan pada penelitian (Antonov dan Dewi, 2013:20) dan (Milatina, 2016: 20).

Monitoring daya pada photovoltaic secara manual diharuskan untuk mengukur secara berkala dan terus menerus untuk menjaga stabilitas pada sistem photovoltaic. Adapun berbagai macam masalah atau kelemahan dari sistem monitoring secara manual antara lain: (1) Memungkinkan adanya kesalahan pada operator ketika melakukan pengukuran daya serta kekeliruan dalam

melakukan pemakaian instrument dan pencatatan serta penaksiran hasil-hasil dari pengukuran daya output pada pembangkit listrik tenaga surya, (2) Memungkinkan adanya kesalahan terhadap alat ukur menimbulkan banyak kesalahan dalam pengukuran, (3) Memungkinkan adanya gangguan karena faktor lingkungan atau alam pada saat pengukuran secara manual (Panda, 2017: 379).

Dari beberapa penjabaran tentang kelemahan sistem monitoring secara manual diatas, maka dari itu pemilihan topik studi literature ini peneliti tertarik untuk membahas pamantauan daya secara otomatis berbasis *Internet of things*.

Pada pencarian literature di situs google scholar dan Open Access Library mendapatkan hasil pencarian sebanyak 150 judul artikel dengan kata kunci pencarian “photovoltaik, solar panel, sistem monitoring”. Dari hasil tersebut dilakukan screening dan menyisahkan sebanyak 44 artikel yang memiliki judul atau topik penelitian sejalan dengan studi literature ini. Hasil pencarian artikel yang sesuai dengan judul studi literature yaitu:

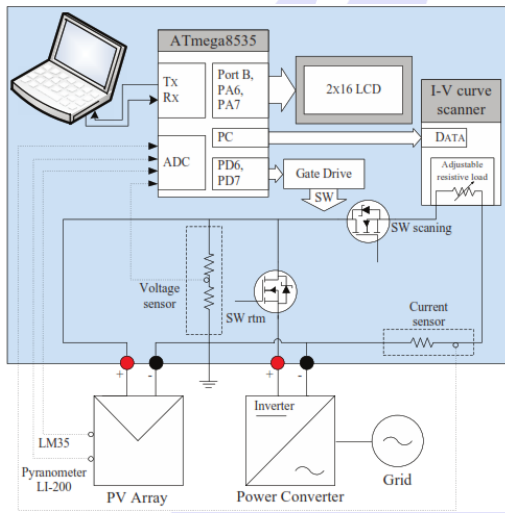
Sistem berbasis ATmega 8535

Pada penelitian (Rivai dan Nasrudin, 2013: 174) tentang sistem monitoring pada pembangkit listrik tenaga surya berbasis ATmega 8535. Penelitian tersebut dilakukan secara langsung dan hasil penelitian dilakukan pengujian dilapangan University of Malaya.

Dalam penelitian tersebut melakukan pengujian pemantauan karakteristik dari photovoltaic dengan biaya yang rendah. Karakteristik yang akan dipantau adalah temperature, radiasi matahari, suhu, arus hubung singkat, daya maksimum dan efisiensi dari photovoltaik. Sistem pada penelitian tersebut menggunakan ATmega 8535 sebagai mikrokontroller untuk mengakuisisi data dan sebagai pengoperasi sensor. Pyranometer Li-200 untuk membaca nilai radiasi matahari, LM35 untuk mengukur suhu, menggunakan pembagi tegangan sederhana untuk mengukur

sensor tegangan dan rangkaian sederhana shunt resistor sebagai sensor arus.

Mikrokontroler ATmega 8535 memiliki peran besar dalam melakukan penelitian pemantauan daya pada photovoltaik selain sebagai mengumpulkan data untuk menentukan karakteristik fungsi utamanya adalah membaca data dari masing-masing sensor, mengkombinasi *switching control*, menampilkan data pada transfer LCD dan menerima data menggunakan serial komunikasi.

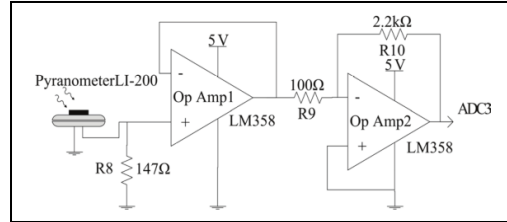


Gambar 1. Blok diagram monitoring photovoltaik
(Sumber: Rivai, 2013)

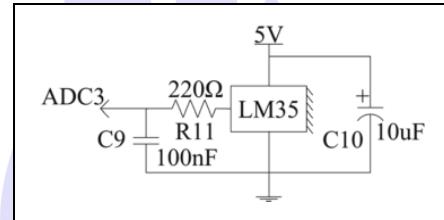
Gambar 1. Menunjukkan diagram blok sistem pemantauan photovoltaik. Komputer digunakan untuk mengontrol operasi alat dan menyajikan data yang telah diproses.

Pemantauan karakteristik photovoltaik memerlukan waktu yang cukup lama. Maka dari itu sistem yang dibuat dilengkapi dengan mode scan otomatis. Mode tersebut menjalankan prosedur pemindaian secara berkala dalam waktu yang telah diatur oleh operator. Pemindaian pertama, computer mengirimkan perintah pemindaian ke mikrokontroler. Pemindaian kedua mikrokontroler akan mengirimkan data tegangan, suhu, radiasi matahari ke komputer.

Skema rangkaian blok diagram sensor radiasi matahari dapat dilihat pada gambar 2 dan rangkaian monitoring sensor suhu dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 2. Skema rangkaian sensor radiasi.
(Sumber: Rivai, 2013)



Gambar 3. Skema rangkaian sensor suhu.
(Sumber: Rivai, 2013)

Pada prosedur pemindaian computer melakukan perhitungan untuk daya puncak (P_{max}), tegangan puncak (V_{pmax}), Arus puncak (I_{pmax}) dan efisiensi dari photovoltaic. Pada penelitian tersebut, menggunakan empat buah modul photovoltaik yang dirangkai seri. Hasil dari penelitian tersebut yang diuji pada pukul 14.51 WIB ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil monitoring pada Photovoltaik

Parameter	Simbol	Nilai
Peak Power	P_{max}	276.036 W
Peak Power Voltage	V_{pmax}	77.612 V
Peak power current	I_{pmax}	3.556 A
Inverter power	I_{pc}	2.405 W
Inverter voltage	V_{pc}	93.2 V.

(Sumber: Rivai, 2013)

Sistem berbasis *Wireless Sensor Network*

Wireless Sensor Network (WSN) merupakan sebuah jaringan yang menghubungkan perangkat-perangkat seperti sensor node, router dan sink node. WSN dapat menghubungkan perangkat satu dengan yang lain untuk berkomunikasi secara langsung (Rita dan Yubin, 2016: 6).

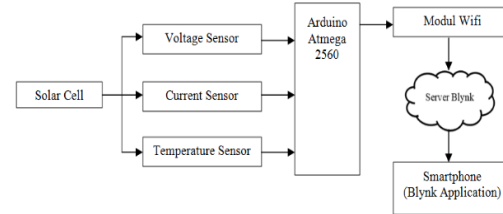
Pada penelitian (Putra dan Darminta, 2017: 313) melakukan pengujian pemantauan karakteristik dari photovoltaik. Karakteristik yang akan dipantau adalah arus, tegangan, daya dan keadaan suhu sekitar dari photovoltaik. Sistem pada penelitian tersebut menggunakan ATmega 2560 arduino sebagai mikrokontroler untuk mengakuisisi data dan sebagai pengoperasi sensor. Setelah dilakukan akuisisi data akan ditampilkan dalam sebuah grafik pada aplikasi blynk di *smartphone* sebagai *Interfacing system*. Pengambilan data pada penelitian tersebut dilakukan secara langsung dan menghabiskan waktu selama tujuh hari dimulai pukul 08.00 WIB sampai pukul 16.00 WIB.

Pada penelitian ini menggunakan rangkaian sederhana pembagi tegangan sedangkan untuk mengukur arus listrik menggunakan sensor arus ACS712. Untuk mengukur suhu sekitar panel surya menggunakan sensor DHT 11. Sensor-sensor tersebut dihubungkan dengan ATmega 2560 setelah itu mikrokontroler dihubungkan dengan wifi modul ESP8266 untuk menampilkan data hasil pengukuran daya ke aplikasi blynk yang ada pada *smartphone*.

Pada penelitian tersebut, panel surya didesain dengan sudut kemiringan sebesar 50° ditempatkan pada pengangan yang terbuat dari besi. Daya output panel surya kemudian dihubungkan dengan bola lampu 12 V DC sebagai beban untuk percobaan penelitian. Percobaan dengan bola lampu tersebut dilakukan secara terus menerus selama tujuh hari dengan batas waktu pengujian dari jam 08.00 WIB sampai 16.00 WIB.

Pada gambar 4 merupakan blok diagram dari sistem pemantauan daya pada panel surya

berbasis *Wireless Sensor Network* sebagai media komunikasi dari mikrokontroler ke *Interfacing system*.



Gambar 4. Blok diagram sistem monitoring (Sumber: Gusa dkk, 2018: 79)

Pada Tabel 2. merupakan hasil dari pengukuran tegangan manual dengan otomatis menggunakan monitoring berbasis *Wireless Sensor Network*. Pada Tabel 3. Merupakan hasil pengukuran arus pada sistem monitoring panel surya secara otomatis menggunakan mikrokontroler dan secara manual menggunakan multimeter.

Tabel 2. Hasil monitoring tegangan

Hari	Tegangan (V)			Ambient Temp (° C)
	Pengukuran	Multi-meter	Error (%)	
1	9.21	9.32	1.18	28.0
2	8.46	8.56	1.17	32.4
3	10.8	10.9	0.92	37.7
4	11.9	12.0	0.83	31.1
5	10.8	10.9	0.92	34.0
6	11.2	11.3	0.88	35.5

(Sumber: Gusa dkk, 2018: 79)

Tabel 3. Hasil monitoring arus

Hari	Arus (A)			Ambient Temp (° C)
	Multimeter	Multi-meter	Error (%)	
1	0.158	0.151	4.64	28.0
2	0.16	0.15	6.67	29.7
3	0.29	0.27	7.41	32.4
4	0.40	0.39	2.56	37.7
5	0.33	0.31	0.45	31.1
6	0.35	0.33	6.06	34.0

(Sumber: Gusa dkk, 2018: 79).

Tabel 4. Hasil monitoring daya dan *ambient temperature*.

Hari	Daya (W)			Ambient Temp (° C)
	Pengukuran	Hasil perhitungan	Error (%)	
1	1.68	1.62	3.57	28.0
2	1.7	1.63	4.08	29.7
3	3.3	3.16	4.58	32.4
4	5.4	5.3	2.73	37.7
5	3.94	3.83	2.9	31.1
6	4.42	4.31	2.58	34

(Sumber: Gusa dkk, 2018: 79)

Pada Tabel 4. Merupakan hasil pengukuran daya pada sistem monitoring panel surya secara otomatis menggunakan mikrokontroler dan secara manual menggunakan multimeter.

Dari hasil pengukuran tersebut dapat disimpulkan bahwa nilai rata-rata kesalahan atau error dari pengukuran nilai tegangan panel surya selama 7 hari adalah 3,38 % dimana nilai kesalahan tertinggi adalah pada hari ke 3 sebesar 4,58 %. Sistem berbasis *Wireless Sensor Network*, seperti yang dilakukan pada penelitian (Gusa dkk, 2018: 79), (Pasha dkk, 2016) membahas tentang memonitoring photovoltaic dengan menggunakan thingspeak dan penelitian (Putra dan Darminta, 2017: 313) yang membahas mengimplementasi *Internet of things* untuk memonitoring daya listrik dapat diringkas. Kelebihan dari monitoring daya menggunakan basis *Wireless Sensor Network* adalah (1) Dapat terhubung dengan cloud atau server dengan mudah, (2) Handal dalam mengirimkan paket data yang terdiri dari parameter yang diukur secara bersamaan ke server melalui jaringan Wi-Fi yang tersedia. Masalah yang terjadi pada sistem tersebut yaitu: (1) Jangkauan dari *Wireless Sensor Network* yang pendek (2) Biaya yang tidak sedikit (3) Bergantung pada jaringan Wi-Fi dan koneksi internet yang baik dan stabil.

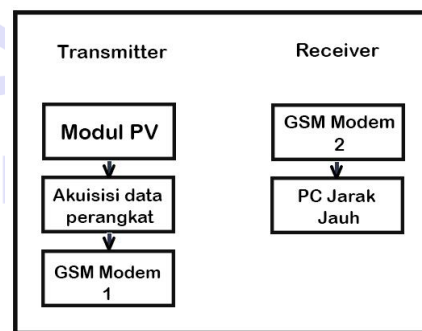
Sistem berbasis GSM

Pada penelitian (Farihah dkk, 2013: 379) berdasarkan pengujian sistem monitoring pada

pembangkit listrik tenaga surya yang telah dilakukan peneliti menggunakan modul GSM sebagai komunikasi data untuk mengirimkan ke modul GSM receiver yang selanjutnya akan ditampilkan ke PC jarak jauh yang dapat menampilkan dalam bentuk file excel. Pada penelitian ini mendukung penelitian sebelumnya (Somayya dkk, 2015: 164) tentang *Internet of things* membantu kehidupan menjadi lebih sederhana dan lebih nyaman melalui berbagai macam teknologi dan aplikasi.

Perangkat akuisisi data dihubungkan dengan modul GSM 1 sedangkan perangkat penerima terdiri dari modul GSM 2 dan controller. Modul photovoltaik dipantau dengan menggunakan perangkat akuisisi data yang terdiri dari sensor, chip *Liquid Crystal Display, Real Time Clock (RTC)* dan unit mikrokontroler. Mikrokontroler berfungsi mengumpulkan data dari masing-masing sensor dalam waktu interval lima menit. Modul GSM 1 akan menyimpan data yang diterima kemudian akan mengirimkan dalam pesan singkat (SMS) ke modem GSM 2. Modem GSM 2 terhubung dengan PC jarak jauh kemudian data yang diterima dari Modul GSM akan disaring dan dikategorikan sebelum disimpan ke file excel.

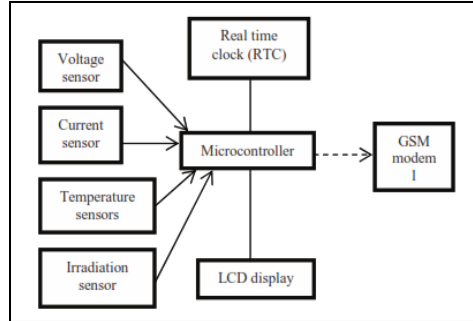
Data-data yang akan dikirimkan berasal dari pembacaan masing-masing sensor yang telah didesain dan di program kemudian dijalankan dengan mikrokontroler.



Gambar 5. Diagram sistem keseluruhan (Sumber: Farihah dkk, 2013:380)

Pada gambar 5 menjelaskan tentang rancangan dari system monitoring secara

keseluruhan. Seperti yang telah dibahas, sistem monitoring dibedakan menjadi 2 jenis yaitu: modul akuisisi data dan interfacing sistem.



Gambar 6. Desain perangkat akuisisi data (Sumber: Fariyah dkk, 2013: 380)

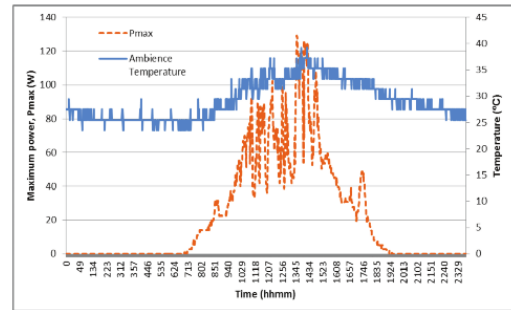
Pada penelitian ini, parameter yang diukur yaitu: tegangan, arus, temperature dan intensitas cahaya pada system pembangkit listrik tenaga surya. Sensor tegangan menggunakan sensor LV25, sensor arus menggunakan sensor LA25, sensor suhu menggunakan sensor LM35 dan sensor intensitas cahaya menggunakan sensor Li-200.

Hasil penelitian tersebut tidak membandingkan hasil pengukuran dari sistem monitoring yang telah dibuat dengan hasil pengukuran manual yang menggunakan multimeter, lux meter ataupun pengukur suhu. Data yang disimpan dalam format csv dapat dilihat melalui program Microsoft excel. Pada penelitian tersebut dilakukan pada pukul 12.00 WIB hingga 23.59 WIB.

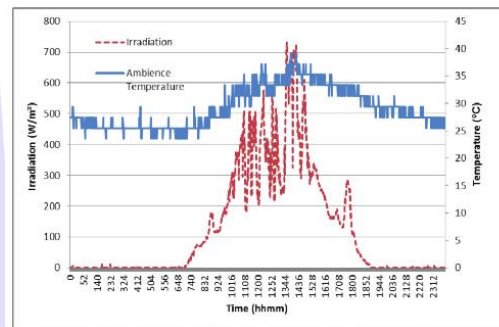
Pada Gambar 7, 8 merupakan hasil dari pemantauan daya pada panel surya yang telah dikumpulkan pada PC jarak jauh (Fariyah dkk, 2013: 379). Data tersebut antara lain tegangan pada saat rangkaian terbuka, arus hubung singkat, suhu ambient atau sekitar dari panel surya dan radiasi matahari.

Pada Gambar 7. menunjukkan variasi harian matahari dan suhu sekitar panel surya. Pada penelitian tersebut, radiasi matahari bervariasi dengan sangat cepat karena kondisi atmosfer pada tempat penelitian berawan sementara suhu sekitar sangat tinggi karena

letak geografis penelitian tersebut pada garis khatulistiwa.



Gambar 7. Variasi harian radiasi matahari dan suhu sekitar (Sumber: Fariyah dkk, 2013: 382)



Gambar 8. Variasi harian pada arus hubung singkat, tegangan hubung terbuka (Sumber: Fariyah dkk, 2013: 382)

Pada gambar 8, menunjukkan variasi harian arus hubung singkat, tegangan hubung terbuka dan suhu panel. Nilai arus hubung singkat tertinggi adalah 3.75 A sedangkan tegangan hubung terbuka naik pada setiap jam 07.00 WIB sedangkan turun setiap pukul 19.00 WIB berkaitan dengan kondisi matahari terbit dan tenggelam. Saat suhu panel meningkat, rangkaian tegangan terbuka menurun dengan cepat sementara arus hubung singkat sedikit meningkat.

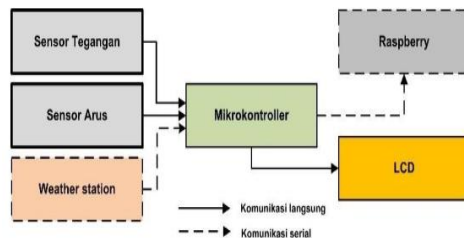
Sistem berbasis GSM, seperti pada penelitian (Fariyah dkk, 2013: 379), (Salsabila, 2017) dengan melakukan penelitian memonitoring prototipe pembangkit listrik tenaga surya menggunakan GSM sebagai transfer data dan penelitian (Wang dkk, 2011 : 843) dengan melakukan percobaan untuk

mendapatkan output daya maksimum secara *real time* dengan menggunakan pengukuran berbasis GSM Masalah yang terjadi yaitu (1) Faktor keamanan data yang kurang baik, (2) Kecepatan dalam pemrosesan dan pengiriman data dari parameter yang telah diukur yang kurang baik, (3) Faktor Keterbatasan dalam menangkap sinyal jaringan.

Sistem berbasis Raspberry

Pada penelitian (Rusdah, 2017:1) membahas tentang analisa dan pemantauan daya listrik yang berasal dari panel surya yang terletak pada gedung Departemen Teknik Fisika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Dalam penelitian tersebut, peneliti menggunakan mikrokontroler Raspberry pi dan LCD. Parameter yang dimonitoring yaitu tegangan dan arus. Parameter yang dianalisa yaitu performansi dari Solar Charge Controller, Aki, Inverter dan photovoltaic.

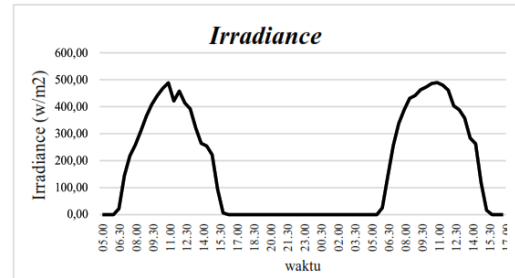
Pengambilan data arus listrik dari panel surya menggunakan sensor arus ACS712 sedangkan pengambilan data tegangan menggunakan *voltage divider*. Penempatan sensor tegangan sama dengan sensor arus yaitu ditempatkan pada tiap titik. Penggunaan mikrokontroler agar dapat interfacing yaitu menampilkan data dari pembacaan masing-masing sensor dan data dari weather station ke sistem raspberry. Setelah semua data terkumpul selanjutnya mengunggah ke website.



Gambar 9. Skema *interfacing* mikrokontroler (Sumber: Rusdah, 2017:27)

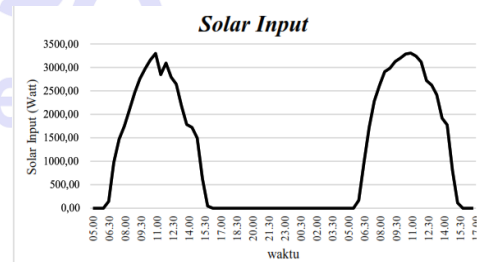
Pada gambar 9 adalah diagram skema sistem interfacing pada mikrokontroler. Pada gambar skema interfacing tersebut dapat

dijelaskan sensor arus, sensor tegangan dan sensor suhu terhubung dengan mikrokontroler.



Gambar 10. Monitoring pemantauan irradiance (Sumber: Rusdah, 2017: 28)

Pada gambar 10 merupakan hasil pemantauan radiasi matahari yang dilakukan selama dua hari yang dilakukan pada penelitian (Rusdah, 2017). Dari data yang diambil pada grafik tersebut, radiasi matahari maksimal sebesar 488.73 W/m^2 dimana pengambilan data tersebut dilakukan pada percobaan hari pertama pukul 11.30 WIB. Setelah itu grafik dari radiasi matahari turun setelah pada titik maksimal tersebut. Pada hari kedua dilakukan pengambilan data dan mendapatkan hasil yakni titik puncak radiasi matahari berada pada pukul 11.30 yakni sebesar 489.69 W/m^2 . Jadi selisih pengambilan data radiasi matahari maksimal hari pertama dan hari kedua sangat sedikit hal ini karena terpengaruh kondisi cuaca yang dilakukan pada saat pengambilan data tersebut. Penelitian tersebut menggunakan photovoltaik yang memiliki spesifikasi cell size $125 \times 125 \text{ mm}$ dan berjumlah 72 cell.

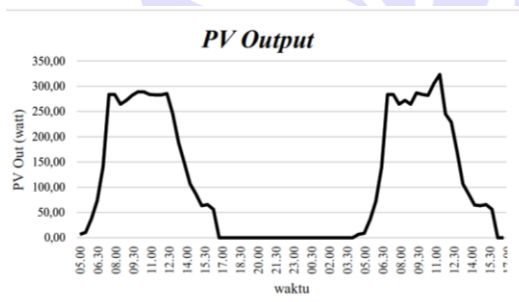


Gambar 11. Grafik monitoring solar input (Sumber: Rusdah, 2017: 49)

Pada gambar 11 merupakan hasil pemantauan solar input photovoltaic men

unjukkan bahwa modul array photovoltaik dapat mensuplai daya maksimal. Pada grafik tersebut dapat dianalisa yaitu pada hari pertama pengambilan data pada pukul 11.30 WIB dapat mensuplai daya sebesar 3298.94 Watt. Pada hari kedua pengambilan data di waktu yang sama dapat mensuplai sebesar 3305.40 Watt. Jika dibandingkan antara grafik irradiance dengan grafik solar input memiliki pola yang sama karena besar nilai *irradiance* dapat mempengaruhi sebuah array photovoltaik.

Perhitungan daya input Photovoltaik dapat dihitung dengan mengalikan luas area modul photovoltaik dengan intensitas radiasi matahari yang. Pada penelitian tersebut menggunakan photovoltaic dengan luas permukaan modul sebesar 0,015626 m² dan diketahui jumlah cell per modul sebesar 72 cell. maka, Modul array photovoltaic yang terdiri atas 6 modul solar panel maka luas permukaan dari seluruh modul adalah 6.75 m².



Gambar 12. Hasil pemantauan daya output array photovoltaic
(Sumber: Rusdah, 2017: 50)

Pada gambar 12 merupakan hasil pemantauan daya output array photovoltaik. Data yang didapatkan merupakan hasil perkalian dari arus output dengan tegangan. Dari data tersebut modul array photovoltaik mampu mensuplai daya sekitar 2164.16 W.

Sistem berbasis Raspberry, seperti yang dilakukan pada penelitian (Rusdah, 2017), Masalah yang terjadi pada sistem tersebut adalah (1) Tidak dapat menghubungkan secara langsung dengan sensor analog, (2) memproses data dari sensor lebih lambat, (3) Hasil yang

ditampilkan kepada pengguna kurang baik karena hanya berupa angka dan tidak menampilkan sebuah grafik yang lebih mudah dalam pembacaan hasil pengukuran.

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan studi literature tentang sistem monitoring pada pembangkit listrik tenaga surya dapat ditarik kesimpulan bagaimana memanfaatkan sensor dalam hal memantau daya listrik jarak jauh dengan memanfaatkan teknologi yang berkembang. Dari berbagai macam metode pada sistem monitoring tersebut dapat dijadikan referensi sehingga dapat meningkatkan tingkat efektivitas dalam kebutuhan listrik saat ini. Berbagai macam sistem monitoring daya pada photovoltaik dengan menggunakan internet dan teknologi yang berkembang merupakan sebuah kemajuan dalam hal pengukuran. Penggunaan berbagai macam sensor seperti Li 200 untuk mengukur radiasi matahari, ACS712 untuk mengukur arus listrik cukup efektif dalam melakukan kegiatan monitoring. Hal tersebut sesuai dengan persentase kesalahan antara pengukuran menggunakan mikrokontroller dan pengukuran manual yakni kurang lebih sebesar 4,58 %.

Penggunaan mikrokontroller seperti ATmega 8535 arduino dapat mengoperasikan dan mengakuisisi data dari tiap sensor untuk memonitoring daya pada panel surya dengan baik. Sistem berbasis GSM dan *Wireless Sensor Network* dapat digunakan sebagai media komunikasi dari perangkat akuisisi data ke *Interfacing system* secara real time dengan baik. Dari berbagai metode pengukuran daya dapat dijadikan inovasi untuk direalisasikan pada panel surya yang letak dan kondisinya cukup sulit untuk dilakukakan pengukuran secara manual seperti pada daerah tambak atau daerah yang memiliki kondisi alam yang tidak baik sehingga membuat kesulitan ketika melakukan pengukuran.

Saran

Berdasarkan kajian literatur maka sistem pemantauan daya dengan menggunakan kemajuan teknologi seperti *Internet of things* sangat direkomendasikan untuk penelitian mendatang. Pada penelitian selanjutnya disarankan untuk mengkombinasi dengan berbagai sensor yang lebih canggih dan koneksi yang cepat dan stabil agar proses pemantauan daya pada pembangkit listrik tenaga surya dapat bekerja secara maksimal sehingga tingkat efektivitas pemantauan daya juga meningkat.

DAFTAR PUSTAKA

- Antonov dan Dewi, Arfita. 2013. "Pemanfaatan energy surya sebagai supply cadangan pada laborattorium elektro dasar di Institut Teknologi Padang". Jurnal Teknik Elektro Vol 2 No 3. Nopember 2013. Halaman 20-28.
- Cristian, Julius dan Deon, Arinaldo. 2018. "Laporan Status Energi Bersih Indonesia. Institute for Essensial Services Reform". Jakarta.
- Fariyah Syariff, Nasrudin Abd Rahim, Hew Lii Ping. 2013. "Photovoltaik Remote Monitoring System Based on GSM. IEEE Convergence on Clean Energy and Technology (CEAT)", Halaman 379-383.
- Fitriana, Ira dan Irawan, Rahardjo. 2019. "Analisis Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Surya di Indonesia". Makalah. Strategi Penyediaan Listrik Nasional Dalam Rangka Mengantisipasi Pemanfaatan PLTU Batubara Skala Kecil, PLTN, Dan Energi Terbarukan. Halaman 43-52.
- Gusa R.F, Sunanda W, Dinata I, Handayani T.P. 2018. "Monitoring system for Solar Panel Using Smartphone Based on Microcontroller". IEEE International Convergence on Green Energy and Applications. Page 79-82.
- Mahendran, dkk. 2015. "Permanent Mismatch Fault Identification of Photovoltaic Cells Using Arduino". ICTACT Journal on Microelectronic. Vol 1 Page 78-82.
- Milatina, N.O. 2016. "Pengukuran daya photovoltaic". Laporan Resmi Praktikum. Rekayasa Sistem Konversi dan Konservasi Energi. Halaman 20.
- Panda, Ramaprasad. 2017. "Electrical and Electronics Measurement". Journal Silicon Institute Of Technology. Halaman 379.
- Pasha, S. (2016). "Thingspeak Based Sensing and Monitoring System for IoT with Matlab Analysis". International Journal Technology and Research (IJTR). Volume 2 No 6. Juni 2016.
- Putra, I Gusti Putu Mustawan Eka dan Darminta, I Ketut. 2017. "Monitoring Penggunaan Daya Listrik Sebagai Implementasi Internet of things Berbasis ESP 8266". Prosiding Sentrinov 2017. Volume 3 Halaman 313-327.
- Rita, T.Tse dan Yubin X. 2016. "A portable Wireless Sensor Network for real-time environmental monitoring". IEEE Symposium on A World of Wireless, Mobile and Multimedia Network. Page 1-6.
- Rivai, Achmad dan Nasrudin, Abdul Rahim. 2013. "A low cost photovoltaic (PV) array Monitoring system". IEEE conference on Clean Energy and Technology (CEAT). Hal. 169-174.
- Rusdah, Muttaqin. 2017. "Analisa Performansi dan Monitoring Pembangkit Listrik Tenaga Surya di Departemen Teknik Fisika FTI-ITS". Skripsi. Fakultas Teknologi Industri. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Halaman 1-120,
- Salsabila, Ulfah Tian. 2017. "Prototipe Sistem Monitoring Parameter Pembangkit Listrik Tenaga Surya Berbasis Internet of things". Jurnal Teknik Elektro, Universitas Negeri Yogyakarta. Halaman 1-78.
- Somayya Madakam, R. Ramaswamy, Siddharth Tripathi. 2015. "Internet of things (IoT): A Literature Review". Journal of Computer and Communications. 3, Page 164-173.
- Wang J.C, Y.L. Su. Shieh J.C, Jiang J.-A. 2011. "High- accuracy maximum power point estimation for photovoltaic arrays," Solar Energy Materials & Solar Cells, vol. 95, pp. 843-851, November 2011.